Anisisch-ladinische Grenze und ladinische Hallstätter Fazies in den Nordalpen

Von Kurt Leuchs
Korresp. Mitglied der Akademie der Wissenschaften

(Vorgelegt in der Sitzung vom 9. Oktober 1947)

Bei Schichtreihen, deren Bildung ohne Unterbrechung der Sedimentation durch mehrere Stufen oder Formationen hindurch angedauert hat, ergeben sich oft die bekannten Schwierigkeiten, eine genaue Grenze zwischen zwei einander folgenden Abteilungen festzulegen.

Je nach Sachlage wird dabei das Hauptgewicht entweder dem paläontologischen oder dem petrographischen Befund zuerkannt. Der letztere entscheidet selbstverständlich ausschließlich dann, wenn Fossilien fehlen. Da aber vielfach auch zwischen der Gesteinsfazies der liegenden und hangenden Schichten Übergänge bestehen, ist es oft unmöglich, eine scharfe Grenze anzugeben. Das ist zwar erschwerend für das Bestreben, die Ablagerungen in jeweils genau nach unten und oben abgegrenzte Einheiten zu zerlegen, entspricht aber durchaus der natürlichen Entwicklung mit ihrer allmählichen Umgestaltung der Sedimentationsbedingungen, soweit eben nicht durch irgend welche Vorgänge, vor allem tektonischer Art, Störungen oder Unterbrechungen des normalen Ablaufes entstehen.

Aber auch die Entwicklung der Organismenwelt ging nur allmählich vor sich, deshalb treten in den jüngeren Faunen und Floren noch Formen der früheren auf, so daß auch nach dem paläontologischen Befund Übergangszonen vorhanden sind. Je nach der Bedeutung, die den noch vorhandenen Formen der älteren Stufe beigelegt wird, wird dann die Grenzziehung vorgenommen.

Aus der alpinen Triasformation sind zahlreiche Fälle bekannt, bei denen, je nach der Einstellung der einzelnen Forscher, das Schwergewicht mehr auf den paläontologischen oder den petro-

graphischen Befund gelegt wird. Daraus ergeben sich Unstimmigkeiten, die jedoch, wenigstens in gewissen Fällen, unter Berücksichtigung der beiden Befunde und ihrer Bedeutung für das Gesamtbild der einzelnen Stufen, eine eindeutige Abgrenzung möglich machen.

Im folgenden soll dies für die Grenze zwischen anisischer und ladinischer Stufe durch Auswertung und Vergleich einiger Vorkommen in den österreichischen Nordkalkalpen im einzelnen dargelegt werden.

Die dabei hervortretenden übereinstimmenden Merkmale zwischen anisischer bzw. ladinischer „Normalfazies" mit Hallstätter Fazies führen zu erneuter Hervorhebung der engen Beziehungen der verschiedenen Fazies, außerdem aber zu dem Nachweis, daß in den Nordalpen Hallstätter Fazies auch in der ladinischen Stufe, sowohl in Niederösterreich als auch in Nordtirol, zur Ausbildung gekommen ist.

* *

Im Öfenbachgraben am Fuße des Steinernen Meeres bei Saalfelden entdeckte 1927 Broili eine reiche Fauna. Sie wurde systematisch ausgebeutet, zum Teil durch Sprengung und Grabungen, wodurch rund 2500 Fossilien gewonnen wurden. Die von Schnetzer durchgeführte Untersuchung der Fauna ergab ihre Verteilung auf 38 Familien, 61 Genera, 16 Subgenera und 164 Spezies. Von diesen sind Ammonoidea mit 51, Nautiloidea mit 27, Brachiopoden mit 22, Lamellibranchiaten mit 22, Belemnoidea mit 16, Gastropoden mit 13, Fische mit 10, Crinoideen mit 2 und Scaphopoden mit 1 Spezies vertreten.

Nach der Zahl der Individuen stehen die Brachiopoden an erster Stelle, von ihnen wurden viel mehr als 500 gesammelt, wobei zu bemerken ist, daß z. B. von *Mentzelia mentzelii* noch einige hundert Exemplare hätten gewonnen werden können. Ammonoideen wurden weit über 500 gesammelt, Nautiloideen mehr als 400, Lamellibranchiaten etwa 200. Gastropoden, Belemnoideen, Scaphopoden, Fische und Crinoideen wurden in jeweils geringerer Zahl gefunden bzw. konnten, wie etwa die Crinoideen, nur schwer aus dem Gestein herauspräpariert werden.

Wenn somit diese Zahlen, trotz ihrer Größe, noch nicht die tatsächlich vorhandene Individuenzahl angeben — ein Ziel, das wohl nur in den seltensten Fällen erreicht werden kann, im Grunde auch fast stets unnötig ist —, so geben sie doch schon eine eindringliche Vorstellung von der Reichhaltigkeit dieses Fundpunktes, die von keiner anderen der bis heute bekannten Fundstellen der anisischen Stufe im Berchtesgaden-Salzburger Fazies-

bereich, mit Ausnahme von solchen im Hallstätter Kalk, auch nur annähernd erreicht wird.

Die Beschaffenheit und Reihenfolge der Gesteine des Fundpunktes ist nach Schnetzers Beschreibung:

a) Der oberste Teil des Steinalmkalkes (nach Pia) als hellgrauer bis rötlicher gebankter Kalkstein mit wulstigen Schichtflächen, erfüllt mit Stielgliedern von Crinoideen und sehr spärlichen anderen Fossilien: wenige Brachiopoden (*Rhynchonella trinodosi* und *Retzia mojsisovicsi*) und ganz seltene Durchschnitte von Cephalopoden.

b) Es folgt eine 10—30 cm mächtige Lage von dichtem schwarzem Kalkstein mit überaus reicher Fossilführung, die Hauptfossilbank. Aus ihr stammen 157 Spezies, davon 92 der Cephalopoden.

c) Darüber liegen schwarze Knollenkalke, nach Pia Reiflingerkalke, in ihrer untersten Zone, mit grünlichem Mergel zwischen den Kalkknollen, noch fossilführend (viel Brachiopoden, die meisten Vertebratenreste, 2 Gastropoden, 1 Atractites, aber nur wenig andere Cephalopoden). Nach oben wird die Fossilführung noch geringer, die Mergel verschwinden, Ausscheidungen von Hornstein treten auf, die schon 2 m über der Hauptfossilbank den vorherrschenden Bestandteil bilden.

Die Ausbildung der Knollenkalke in den höheren Zonen kommt hier nicht in Betracht, es sei nur noch erwähnt, daß unter Zurücktreten der Hornsteine bei Aufhellung und zunehmender Dolomitisierung allmählicher Übergang zum Ramsaudolomit erfolgt.

Im ganzen ergibt sich für die Hauptfossilbank Aushalten über größere Erstreckung — Haber stellte sie auch an der Steinalm sowie in den Leoganger Steinbergen fest —, doch dürfte die reiche Fossilführung nur nesterförmig vorhanden sein, eine Erscheinung, deren Häufigkeit für die Kalkalpen schon v. Mojsisovics betont hatte.

Aus der Lagerung und Reihenfolge der Schichten ebenso wie aus der Fauna ergibt sich, wie Broili feststellte, als Alter die Trinodosuszone der anisischen Stufe. Schnetzer hat das im einzelnen ebenso wie nach dem Gesamthabitus der Fauna nachgewiesen, es ist deshalb unnötig, hier näher darauf einzugehen.

Wichtig für meine Ausführungen ist nun der von Schnetzer durchgeführte Vergleich mit anderen Fossilvorkommen aus dem Hallstätter und dem bayrisch-nordtiroler Faziesgebiet. Es wurden 51 Spezies ausgeschieden, die sämtlich aus der Trinodosuszone

schon vorher bekannt waren, und zwar 14 Brachiopoden, 32 Cephalopoden, 4 Lamellibranchiaten, 1 Crinoid.

Von diesen sind im Hallstätter Trinodosuskalk von Schreyeralm, Schiechlinghöhe und Lärcheck nicht weniger als 28 nachgewiesen und im bosnischen Trinodosuskalk der Hallstätter Fazies (Hanbulog und Haliluci) 27.

Wesentlich geringere Zahl gleicher Arten ist dagegen in der Fauna des Reiflinger Kalkes von Groß-Reifling an der Enns vorhanden, nämlich nur 13. Die gleiche Zahl weist die anisische Stufe von Reutte in Nordtirol auf und ebensoviel gleiche Arten hat das reiche Vorkommen im unteren Wettersteinkalk des Zugspitzstockes geliefert.

Selbstverständlich müssen hierbei verschiedene Umstände berücksichtigt werden, wie der Grad der Aufgeschlossenheit der Vorkommen, die Art und der Zustand der fossilführenden Gesteine und die verschiedene Stärke ihrer tektonischen Durcharbeitung, ferner auch die im einzelnen sehr verschieden intensive Durchführung der Fossilgewinnung.

Im ganzen dürfte trotzdem als Tatsache festzuhalten sein, daß die Zahl der gleichen Arten selbst bei den Vorkommen annähernd gleicher petrographischer Fazies, also gleicher Sedimentationsbedingungen, wie sie z. B. zwischen Öfenbachgraben und Groß-Reifling bestehen, sehr verschieden ist.

Anderseits aber ergibt sich zwischen Vorkommen verschiedener Entstehung, wie zwischen dem des Öfenbachgrabens in Berchtesgaden-Salzburger Fazies und dem der Hallstätter Fazies im Salzkammergut ebenso wie in Bosnien wesentlich größere Übereinstimmung.

Das spricht zweifellos für enge faunistische Beziehungen zwischen beiden Faziesbezirken und anderseits für weitgehende Unabhängigkeit von der Art der Sedimentation. Allerdings muß hier hervorgehoben werden, daß grundsätzliche Unterschiede zwischen beiden Faziesgebieten während der anisischen Zeit nicht vorhanden waren. Das Sediment war in beiden Gebieten Kalkschlamm, der im Hallstätter Bereich zeit- und stellenweise durch eine geringere oder stärkere Zufuhr von Eisenoxyden die bezeichnenden Farbtöne (gelblich, hellrötlich, rot) erhielt. Auch in der Berchtesgaden-Salzburger Fazies treten in den oberen Lagen der anisischen Stufe gelegentlich rote Kalklagen und -linsen auf und gleiches findet sich in der bayrisch-nordtiroler Fazies, wie etwa im Kaisergebirge (Tuxeck Südfuß) oder im Karwendelgebirge.

In der Hallstätter Fazies allerdings ist solche Rotfärbung wesentlich stärker und verbreiteter und wird deshalb meist auch zusammen mit ihrer Fauna als eine ihrer bezeichnendsten Eigenschaften angegeben.

Jedoch sind besonders in der karnischen und norischen Stufe des Berchtesgaden-Salzburger Faziesgebietes schon viele Funde von typischen Hallstätter Fossilien bekannt. Das diese Fossilien einschließende und ausfüllende Gestein unterscheidet sich dabei in keiner Weise von der Hauptgesteinsmasse. Vielfach liegen diese Fossilien in ursprünglichen Höhlungen und Rissen der Riffe, in die sie entweder eingeschwemmt wurden oder, wie in einigen Fällen festgestellt werden konnte, es wurden diese Höhlungen als Brut- und Wohnräume benützt.

Derartige Vorkommen finden sich auch in anderen Faziesbezirken. Besonders deutlich und klar konnte das im bayrisch-nordtiroler Faziesbereich im Massiv der Zugspitze oberhalb Ehrwald festgestellt werden. Dort ist durch Reis und v. Zittel im Wettersteinkalk eine reiche Fauna gesammelt worden, die Reis beschrieben hat.

Das Gestein ist typischer lichtgrauer bis fast weißer Wettersteinkalk, der dort unmittelbar über dem dunkelgrauen, gut geschichteten Kieselausscheidungen führenden Muschelkalk, ohne Zwischenlagerung von Partnachschichten, folgt und die hohen Felsmauern des Westendes des Wettersteingebirges bis hinauf zu den Gipfeln bildet.

Die Fauna besteht vorwiegend aus Ammoniten. 61 Spezies und Subspezies konnten bestimmt werden. Dazu treten etwa 60 Gastropoden, 20 Lamellibranchiaten, einige Brachiopoden, Crinoideen und Korallen.

Unter den Cephalopoden sind 39 Arten und 5 Varietäten gegenüber denen der anisischen Stufe neue Formen. Es finden sich aber auch 10 Arten, die aus der oberen Abteilung der anisischen Stufe, der Trinodosuszone des Öfenbachgrabens, von Schnetzer nachgewiesen sind: *Sageceras haidingeri, Monophyllitis sphaerophyllus, Sturia sansovinii, Ptychites megalodiscus, Ptychites suttneri, Pinacoceras damesi, Proarcestes extralabiatus, Orthoceras acutus, Orthoceras campanile, Atractites boeckhi.*

Dazu treten noch 3 Arten von anderen Vorkommen der Trinodosuszone: *Celtites edithae, Ptychites acutus, Beyrichites reuttensis.*

Von Brachiopoden sind mit Öfenbachgraben und anderen Orten gleich: *Coenothyris vulgaris* und *Tetractinella trigonella*, von Lamellibranchiaten: *Pecten discites.*

Auf Grund der bis dahin bekannten Formen (der erste Teil der Beschreibung von Reis: Cephalopoden, erschien 1905, der zweite Teil: Nachträge zu Cephalopoden, 1910, der dritte Teil: sonstige Fauna, 1926) kam v. Arthaber 1906 in der Lethaea geognostica zu folgender Annahme: „... Anschein, als wenn hier die Entwicklung der Wettersteinkalke schon zur anisischen Zeit begonnen hätte, da sich echte Vertreter der Trinodosuszone fanden (die 3 oben angeführten Arten).

Einer jüngeren Wengener-Esino-Fauna gehören an: *Megaphyllites obolus*, *Megaphyllites oenipontanus*, *Beyrichites emmrichi*."

Dagegen nahm Arthaber an, daß sich von den neuen Arten ungefähr die gleiche Anzahl an die Trinodosus- wie an die Wengener Fauna und nur wenige an die Buchensteiner oder Cassianer Formen anschließen, woraus Übereinstimmung im Alter mit der Marmolatafauna hervorgeht. Diese, von Salomon als Äquivalent der Wengener und Cassianer Fauna bezeichnet, wurde dann von Kittl und Bittner als Verbindungsglied zwischen Buchensteiner und Wengener Fauna aufgefaßt. In beiden Fällen aber ist sie, trotz der in ihr vorkommenden Formen der Trinodosuszone, Bestandteil der ladinischen Fauna.

Wenn so für die Fauna des Marmolatakalkes das Vorkommen von Formen der Trinodosuszone für ihre Einreihung in die ladinische Zeit kein Hindernis ist, dann darf mit gleichem Recht auch für die Wettersteinkalkfauna dasselbe angenommen werden. Denn zwischen anisischer und ladinischer Zeit ist in Nordtirol und Südbayern kein Hiatus, keine Unterbrechung der Sedimentation und vor allem keine solche Änderung der Lebensbedingungen, daß eine völlig neue Fauna entstehen müßte. Vielmehr beweisen gerade die 16 aus der anisischen in die ladinische Zeit hinein noch fortbestehenden Arten, daß der Übergang von der anisischen Schlammsedimentation zur ladinischen Riffbildung allmählich vor sich ging. Das gleiche zeigen die vielfachen Übergänge in der Gesteinsbildung, die in den Kalkalpen an unzähligen Stellen zu sehen sind, so daß der kartierende Geologe oft im Zweifel ist, ob er noch Muschelkalk oder schon Wettersteinkalk vor sich hat.

Aus diesen Gründen ist es falsch, den unteren Teil des Wettersteinkalkes im Zugspitzmassiv noch zur anisischen Stufe zu stellen, wie es Arthaber in der Lethaea und später Diener in seinem Werk über die marinen Reiche der Triasperiode getan haben. Reis selbst spricht 1910 in den Erläuterungen zur geologischen Karte des Wettersteingebirges von dieser Fauna des unteren Wettersteinkalkes als von einer typischen Muschelkalkfauna

alpiner Zusammensetzung. Das ist jedoch in dem Sinne gedacht, daß der Wettersteinkalk und mit ihm die gesamte ladinische Stufe zeitlich dem oberen Teil des germanischen Muschelkalkes entspricht. Klarer äußert sich Reis dann 1926 zur Frage nach dem Alter der Fauna. Sie habe nicht nur, allgemein gesagt, Muschelkalkcharakter, wegen des Vorkommens von *Coenothyris vulgaris* und *Tetractinella trigonella,* sondern stimme im wesentlichen überein mit der Faunengesellschaft der Südtiroler, dem Wettersteinkalk gleichgestellten sog. ladinischen Kalke von Predazzo, Forno und Marmolata. Reis betont auch, daß in dem Gebiete, in dem die Fauna gewonnen wurde, die Partnachschichten fehlen und der Wettersteinkalk den eigentlichen alpinen sogenannten Muschelkalk bedeckt.

Auch die Gastropodenfunde beweisen ladinisches Alter der Fauna. Es wurden rund 60 Spezies und Varietäten ermittelt. Davon sind mehr als 20 neue Formen, während die 37 alten Spezies mit solchen aus dem Ladin der Süd-, zum Teil auch der Nordalpen übereinstimmen (25 aus Marmolata- und Esinokalk, von Forno und Predazzo, 12 aus Cassianer Schichten).

Die für den Wettersteinkalk bezeichnenden Diploporen sind unter den von Reis beschriebenen Fossilien nur sehr spärlich vertreten (*Kantia piae*), dagegen konnte ich an den gleichen Fundstellen *Diplopora annulata* zahlreich, öfters rasenbildend, feststellen, zum Teil in engster räumlicher Verbindung mit *Ptychites*, so daß damit ein weiterer Beweis für ladinisches Alter der Fauna gegeben ist.

Aus dieser vergleichenden Untersuchung ergibt sich folgender Tatbestand: die reiche Fauna der Trinodosuszone ist trotz der großen Zahl der vom unteren Wettersteinkalk des Zugspitzmassives bekannten Faunenelemente dort nur durch 16 Arten vertreten, während der weitaus größere Teil der Fauna, vor allem der Cephalopoden, aber auch der Gastropoden und Lamellibranchiaten, aus Formen besteht, die in der anisischen Stufe nicht vorhanden sind. Daraus geht hervor, daß im Wettersteingebirge, ebenso wie in anderen Gebieten gleicher petrographischer Fazies, die Grenze zwischen anisischer und ladinischer Stufe mit dem Beginn der Wettersteinkalkbildung zusammenfällt.

Gleichzeitig erfolgt einerseits eine Verarmung der Fauna durch Verschwinden der Mehrzahl bisher vorhandener Arten, anderseits eine Bereicherung der Fauna durch Auftreten einer Menge neuer Arten und Unterarten, so daß nur noch ein kleiner Teil der Fauna anisisches Gepräge hat.

Unter Berücksichtigung der auch bei den sorgfältigsten und eingehendsten Aufsammlungen doch noch bestehenden „Zufälligkeiten“ der Funde hat es wenig Sinn, prozentmäßig die anisischen und ladinischen Anteile festzustellen. Die oben angeführten Zahlen der Cephalopoden zeigen aber schon zur Genüge, daß es sich bei der Zugspitzfauna nur um eine jüngere, d. h. ladinische Fauna handeln kann. Sie entwickelt sich in der gleichen Weise, wie es von vielen anderen konkordant und ohne Hiatus einander folgenden Schichtreihen festgestellt werden konnte. Das ist aber die normale Entwicklung, deren Wesen in der mehr oder weniger allmählichen Umbildung mit dem jeweils wechselnd starken Auftreten neuer Genera und Spezies besteht.

Solange keine grundlegenden Änderungen der Lebensbedingungen eintreten und keine Unterbrechungen der Sedimentation stattfinden, wie sie vor allem durch tektonische Vorgänge hervorgerufen werden können, geht die Entwicklung des organischen Lebens nach den ihm eigenen Gesetzen weiter. Vorher schon vorhandene Organismenarten bleiben noch kürzere oder längere Zeit bestehen, neue Formen entwickeln sich, nehmen allmählich an Artenzahl zu und bilden schließlich die neue, der jüngeren Zeit entsprechende und für sie bezeichnende Fauna und Flora.

Die vorher erwähnten Funde von Diploporenrasen in Verbindung mit Ptychiten zeigen, zusammen mit vielen anderen Vorkommen von Cephalopoden, Brachiopoden, Gastropoden, Lamellibranchiaten und anderen Organismen in den Riffbildungen der alpinen Trias, daß derartige Symbiosen — die ihr Analogon in den rezenten Riffen haben — in der Triaszeit nichts ungewöhnliches sind. Wenn sie in den triassischen Gesteinen im Verhältnis zu deren Masse nicht sehr zahlreich nachgewiesen sind, so ist das kein Beweis gegen ihre primäre Häufigkeit. Durch die Gesamtheit der diagenetischen Vorgänge, unter denen Dolomitisierung, Auflösung, Umkristallisation eine wichtige Rolle einnehmen, ist ihr Nachweis wahrscheinlich in den meisten Fällen unmöglich geworden. Jedoch genügen die bis jetzt bekannten Funde zur Feststellung derartigen örtlich vereinzelt oder gehäuft auftretenden Vorkommens.

Dafür ist besonders die Fauna des Zugspitzmassivs ein sehr bezeichnendes Beispiel. Reis hat schon auf das nester- und linsenförmige Vorkommen der Ammoniten und ihre häufig sehr geringe Größe hingewiesen, woraus hervorgeht, daß es sich um Jugendformen handelt, die teilweise an ihren Entstehungsorten zugrunde gingen, teilweise in Höhlungen der Riffe eingeschwemmt wurden. Durch eigene Funde konnte das in einigen Fällen mit großer Klar-

heit bewiesen werden. So sind in einem 1932 näher beschriebenen Gesteinsstück von 14 : 12 cm Seitenlänge und zirka 5 cm Dicke, das aus Riffkalk und Feinschichten besteht, nicht weniger als 4 größere und 6 kleinere *Ptychites* sowie eine Anzahl von Schalentrümmern von Ammoniten, wahrscheinlich ebenfalls Ptychiten, eingebettet. Ein Handstück in der Paläontologischen Staatssammlung in München beweist das gleiche, denn es enthält eine Menge von Fossilien, unter denen Reis 11 Arten von Gastropoden und 2 Arten von Brachiopoden feststellen konnte.

Diese Beispiele örtlicher Häufung von Fossilien zeigen zugleich auch die engen Beziehungen zwischen Riff- und Schlammfazies und die Symbiose zwischen Rifforganismen (Korallen, Kalkalgen, Foraminiferen) und der gesamten sonstigen Fauna.

Ob aus dem fast völligen Fehlen von Kalkalgen in dem von Reis bearbeiteten Material auf entsprechend geringe Beteiligung dieser Organismen an der Bildung des unteren Wettersteinkalkes geschlossen werden darf, ist nicht sicher zu entscheiden, meine eigenen Funde dürften eher dagegen sprechen. Zudem ist im Wettersteinkalk allgemein der weitaus größte Teil der Diploporen, ebenso wie der Korallen — von denen Reis auch nur sehr wenig Funde erwähnt — durch die Diagenese zerstört und unkenntlich geworden, ebenso wie auch die Mehrzahl aller anderen Organismen.

Um so größer ist die Bedeutung dieses reichen Vorkommens, da es ein anschauliches Bild von der ladinischen Fauna im bayrisch-tirolischen Faziesbereich gibt. Sie steht bezüglich der Reichhaltigkeit der anisischen Fauna des Öfenbachgrabens nahe, unterscheidet sich aber von ihr wesentlich durch die große Zahl neuer und schon vorher bekannter ladinischer Formen. Dies und der rasche Übergang von der Schlamm- zur Riffsedimentation und der damit verbundene, schon aus der Ferne auffallende Farbwechsel des Gesteins sowie das Fehlen von Schichtung im unteren Wettersteinkalk im Gegensatz zu der deutlichen Schichtung im anisischen Kalkstein sind gleichfalls Tatsachen, die eine relativ sehr genaue Festlegung der Grenze Anis-Ladin ermöglichen. Paläontologischer und petrographischer Befund führen somit dort zu dem gleichen Ergebnis.

Der oben erwähnte, von Schnetzer durchgeführte Vergleich der Öfenbachfauna mit der des anisischen Hallstätter Kalkes von Schreyeralm, Schiechlinghöhe und Lärcheck sowie von Hanbulog und Haliluci in Bosnien zeigt eine große Zahl gleicher Arten, da von den 51 schon früher in der anisischen Stufe nachgewiesenen Arten 28 bzw. 27 auch in der Hallstätter Fazies vorkommen. Die

Öfenbachfauna steht demgemäß der gleichzeitigen Hallstätter Fauna wesentlich näher als anderen anisischen Faunen, wie von Reutte oder Groß-Reifling, mit denen sie nur je 13 Arten gemeinsam hat. Das Auffallende an dieser Tatsache ist nun, daß mit Reutte und Groß-Reifling, von geringen Unterschieden abgesehen, Gleichheit der Gesteinsfazies besteht, während die Hallstätter Kalke durch ihre vorwiegend roten Farbtöne von den dunkelgrauen bis schwarzen Kalksteinen der anderen Fundorte sehr verschieden sind.

Trotzdem müssen die Lebensbedingungen in allen diesen Faziesbereichen, dem bayrisch-nordtirolischen, Berchtesgaden-Salzburger und Hallstätter annähernd gleich gewesen sein, und es ist anzunehmen, daß sie auch damals in enger Verbindung miteinander standen.

Die schon erwähnten zahlreichen Funde von Hallstätter Fossilien, vorwiegend in karnischen und norischen Gesteinen außerhalb größerer zusammenhängender Hallstätter Bezirke, sprechen gleichfalls für diese Annahme, ebenso wie sie die Bildung von Hallstätter Fazies innerhalb der anderen Faziesbereiche wahrscheinlich machen. Es sollen an dieser Stelle alle dafür sprechenden Tatsachen, wie sie hauptsächlich Diener, Kittl, Trauth und Leuchs in verschiedenen Veröffentlichungen dargelegt haben, nicht ausführlich gebracht werden, um Wiederholungen zu vermeiden. Aus der großen Faunenübereinstimmung geht zudem deutlich hervor, daß die Unterschiede der Gesteinsfazies zwischen Hallstätter und den anderen anisischen Kalken für die Lebensbedingungen nur von sehr geringer Bedeutung waren.

Kittl charakterisiert die anisischen Hallstätter Kalke von Schreyeralm und Schiechlinghöhe als Einlagerungen in den Riffkalken in Form von Nestern und Lagen, die gegenüber dem weitaus vorherrschenden Riffkalk an Masse sehr zurücktreten. Wie Kittl weiter angibt, liegen solche Hallstätter Kalke aber nicht nur innerhalb ungeschichteter, sondern auch geschichteter heller Kalkmassen, so daß die Fazies der Hallstätter Kalke, speziell der Cephalopodenkalke im Salzkammergut, nur eine besondere örtliche Ausbildung des oberen Muschelkalkes sowie des Lunz-Raibler-Horizontes bildet.

Das ist die gleiche Art des Vorkommens, die auch im Berchtesgadener Gebiete, besonders von Böse, an vielen Stellen festgestellt wurde.

Es geht daraus wieder die enge räumliche Beziehung zwischen Normal- und Hallstätter Fazies hervor, ebenso das Vorkommen reicher, vorwiegend aus

Cephalopoden, daneben auch aus Lamellibranchiaten und Gastropoden bestehender Faunen.

Wenn auch die Fossilien der Hallstätter Kalke und diese selbst vorwiegend rote Farbtöne haben, so gibt es doch häufig Ausnahmen hievon. Grünliche, dunkel- bis hellgraue, auch weißliche Färbung einzelner Vorkommen ist nachgewiesen, daraus ergibt sich, daß die Rotfärbung kein unerläßliches Kennzeichen der Hallstätter Fazies ist. Vielleicht bietet sich hier eine Möglichkeit, die Hallstätter Fazies auch in der ladinischen Stufe festzustellen, in der sie bisher in den Nordalpen nicht sicher nachgewiesen werden konnte.

In ihr ist Rotfärbung nur ganz selten, in kleinen Vorkommen und ohne Fossilien, vorhanden. Im Wettersteinkalk sind nahezu ausschließlich graue bis fast weiße Farben herrschend. Jedoch treten in ihm ebenfalls nester- und linsenförmige Einlagerungen auf, die häufig mit Fossilien erfüllt sind. Die Fauna des unteren Wettersteinkalkes vom Zugspitzmassiv stammt aus solchen Einlagerungen. Durch die große Zahl von Cephalopoden und Gastropoden und ihre Anhäufung an einzelnen, eng begrenzten Stellen ergibt sich eine große Übereinstimmung bezüglich der Bildungsweise mit den Hallstätter Fossillinsen. Wären die Fossilnester im Wettersteinkalk rot gefärbt, dann wären sie sicher als Hallstätter Fazies erklärt worden, mit der sie auch gemeinsam haben, daß sich ihre Fauna von der Organismenwelt der Riffe deutlich unterscheidet.

So bleibt im Grunde nur das Fehlen der Rotfärbung, d. h. die fehlende Zufuhr von Eisenoxyden in der ladinischen Stufe, speziell im Wettersteinkalk.

Gemeinsam mit Udluft habe ich 1926 versucht, die Entstehungsweise roter Kalksteine zu ermitteln. Das Ergebnis dieser Untersuchung war, daß das Eisenoxyd von einem Lande mit Rotverwitterung in das Meer verfrachtet wurde, wobei unentschieden bleiben mußte, ob durch fließendes Wasser oder Wind oder beides. Bei dieser Art der Zufuhr ist Ausbleiben während kürzerer oder längerer Zeiträume ebenso wie völliges Fehlen in einzelnen Meeresteilen ohne weiteres anzunehmen, und es könnte damit das nahezu gänzliche Fehlen dieser Rotfärbung des Gesteins erklärt werden. Selbst in den allgemein als Hallstätter Kalke bezeichneten Gesteinen fehlt ja die Rotfärbung öfters, deshalb besteht kein grundsätzlicher Unterschied zwischen solchen hellgefärbten Hallstätter Kalken und dem durch reiche Fossilführung und andere Merkmale ihnen analogen Wettersteinkalk. Denn die fehlende oder nur geringe chersogene Stoffzufuhr ist für diese beiden Gesteinsarten bezeichnend.

In der Lethaea nahm Arthaber für die Hallstätter Kalke von Bosnien und Herzogowina Fortbestehen bis in die Mitte der ladinischen Stufe oder noch weiter an, wobei das Formenbild der Trinodosuszone durch Auftreten jüngerer Elemente stark verändert wurde, so daß eine anisisch-ladinische Grenzbildung entstand, was durch die Kontinuität der Fauna bewiesen sei. Allerdings hat Diener diese Annahme 1915 als irrig abgelehnt. Jedoch könnte die Fauna des Zugspitzmassivs einen analogen Fall darstellen, denn auch dort herrscht Kontinuität der Fauna und ihre starke Veränderung durch die zahlreichen neu auftretenden Formen. Es ist aus diesem Grunde die Arthabersche Annahme nicht ohne weiteres abzulehnen.

Sie stützte sich auf die Beobachtungen von Kittl, der auf Grund seiner Untersuchungen in Bosnien zu dem Ergebnis gekommen war, daß die Fazies der Hallstätter Kalke — genauer gesagt, die Fazies der roten Cephalopodenkalke — dort nicht nur im anisischen Buloger Kalk, sondern auch in der karnischen und der dazwischenliegenden ladinischen Stufe stellenweise vertreten ist.

Pia konnte später durch den Nachweis des massenhaften Vorkommens der ladinischen *Diplopora annulata* in dem hellen Riffkalk der Igmanplanina bei Sarajewo, dem eine Linse von Bulogkalk eingelagert ist, auch für diese ladinisches Alter feststellen und damit die Ergebnisse Kittls in einwandfreier Weise bestätigen.

Wichtig ist ferner Pias Angabe, daß im anisischen Bulogkalk ebenfalls Diploporen, wenn auch vereinzelt, enthalten sind. Damit ist bewiesen, daß auch dieses Gestein in einem relativ seichten Meeresteil von höchstens 50 m Tiefe gebildet wurde, eine weitere Stütze für die Annahme relativ geringer Bildungstiefe der Hallstätter Kalke.

Für andere Gebiete hat aber auch Diener ladinisches Alter von Hallstätter Kalken festgestellt, nämlich für die Gipfelkalke des Clapsavon und die Kalke von Valdepena in Friaul sowie die Kalke von Vamos-Karabocza im Bakonywald, die auf Grund ihrer Cephalopodenfaunen für ladinisch erklärt werden.

Vetters erwähnt Hallstätter-ähnliche Kalke, die dem Wettersteinkalk eingelagert sind, vom Roßkogel östlich Frein, und Spengler beschreibt aus dem Aflenzer Faziesbezirk eine ladinische Gesteinsreihe, die gewisse petrographische Ähnlichkeiten mit Hallstätter Kalken hat, es sei jedoch verfehlt, sie direkt als solche zu bezeichnen, da sie stratigraphisch ladinisch und ladinische Hallstätter Kalke in den Nordalpen unbekannt seien.

Auch in außeralpinen Gebieten: Bukowina, östliches Siebenbürgen, Argolis (Griechenland) ist ladinische cephalopodenreiche Hallstätter Fazies nachgewiesen.

Es handelt sich dabei stets um fossilreiche, vorwiegend durch zahlreiche Cephalopodenarten charakterisierte Kalksteine verschiedener Farbe, meist rot bis gelb, aber auch grau in verschiedenen Abstufungen. Daraus geht aber schon hervor, daß im Grunde nicht die verschieden stark entwickelte Rotfärbung, sondern vielmehr die Fauna und hier besonders die Cephalopoden ausschlaggebend waren für die Zurechnung dieser ladinischen Vorkommen zur Hallstätter Fazies.

Dann können aber mit gleicher Berechtigung auch faunistisch entsprechende Vorkommen trotz fehlender Rotfärbung als Hallstätter Fazies bezeichnet werden. Das trifft durchaus zu für das Vorkommen im Wettersteinkalk des Zugspitzmassivs, von dem ich schon 1927 sagte, daß es ohne weiteres als Hallstätter Kalk bezeichnet würde, wenn der Kalkstein rot wäre.

Allgemein kann für die fossilreichen Hallstätter Sedimente Entstehung in der Nachbarschaft der Riffzonen und innerhalb dieser angenommen werden. Das ist durch viele Funde erwiesen und soll hier nicht näher dargelegt werden. Es scheint jedoch von gewisser Bedeutung, auf die Verbreitung der Hallstätter Fazies hinzuweisen.

Nach Spengler 1943 ist sie in typischer Ausbildung auf den mittleren Abschnitt der Nordkalkalpen beschränkt, fehlt im westlichen Abschnitt gänzlich und ist im östlichen Abschnitt nur durch wenige, untypische Andeutungen vertreten.

Dazu gehören die schon erwähnten ladinischen Kalke vom Roßkogel und vom Aflenzer Bezirk, die Vorkommen in der Warscheneckgruppe und im Hochtausinggebiet, die altersmässig nicht sicher bestimmten Vorkommen östlich des Schneeberges. Für den karnischen Mürzkalk, der eine typische Hallstätter Fauna führt in geschichteten dunklen, oft bituminösen Kalken, muß, nach Lahn, wegen dieser petrographischen Verschiedenheiten wohl auch die Bezeichnung Hallstätter Kalk vermieden werden. In den Mürztaler Alpen sind Hallstätter Kalke seit langem bekannt. Cornelius wies dort primäre Verbindung der sehr wechselnd ausgebildeten Gesteine mit Dachsteinkalk nach durch Übergänge derart, „daß man sie nur als verschieden ausgebildete Teile eines einheitlichen Schichtgliedes betrachten kann".

Solche Übergänge sind vom Dachsteinkalk der Übergossenen Alm (Hochkönig) seit 1865 bekannt, von wo sie Böse 1898 und Spengler 1919 erwähnen.

In der Mitteltrias der Mürztaler Alpen wurden von Cornelius die zumeist schon Geyer und v. Mojsisovics bekannten, von der sog. Normalfazies abweichenden Gesteinsarten als „Pseudo-Hallstätter Kalke“ bezeichnet. Sie treten nur örtlich auf, haben weiße bis lichtgraue, meist aber rote Farbtöne und können den typischen Hallstätter Kalken sehr ähnlich werden. Ihr Alter läßt sich nicht stets ermitteln, vorwiegend jedoch sind diese Kalke, nach Cornelius, ladinisch, da sie seitlich in Wettersteinkalk übergehen bzw. eingelagert sind.

Diese Annahme steht durchaus in Einklang mit meinen eigenen Folgerungen, und es dürfte sich empfehlen, die Bezeichnung „Pseudo“ zu streichen und diese Kalke ebenfalls zu den ladinischen Hallstätter Kalken zu stellen.

Ich habe hier nur einige Hallstätter Vorkommen aus dem Ostabschnitt der Nordkalkalpen angeführt. Es gibt noch mehr davon, auch aus der Literatur dürften noch solche zu ermitteln sein, die trotz großer Übereinstimmung mit typischer Hallstätter Fazies doch nicht zu ihr gestellt werden, weil sie in primärer Verbindung mit Gesteinen anderer Fazies sind.

Darauf ist es auch zurückzuführen, daß verschiedene Autoren sich ablehnend oder zurückhaltend äußern, weil sie gewöhnt sind, mit Hallstätter Fazies die Vorstellung einer von den anderen Fazies räumlich getrennten Entstehung zu verbinden. Tatsächlich aber konnte sich Hallstätter Fazies auch in engster Verbindung mit anderen Fazies bilden, wie die vorstehenden Darlegungen zeigen.

Damit ergibt sich aber auch die Möglichkeit einer genaueren Definition der Hallstätter Fazies. Sie entsteht durch die Anhäufung von Fossilien in Form von Nestern, Linsen und Lagen innerhalb oder randlich von Sedimenten, die entweder durch riffbauende Organismen oder durch Ablagerung von Kalkschlamm und -schlick gebildet wurden. Die in vielen Fällen von derjenigen der sie einschließenden oder ihnen benachbarten Sedimente abweichende Färbung ist dagegen nur ein mehr oder weniger zufälliges Merkmal, wie aus ihrer oft nur schwachen Ausbildung oder ihrem gänzlichen Fehlen hervorgeht.

Die Rotfärbung entsteht durch zeitlich, örtlich und quantitativ wechselnde Zufuhr von Eisenoxyden, die wahrscheinlich dort, wo sie in kurzer Zeit in größerer Menge erfolgt, Absterben von sessilen und rasche Einbettung abgestorbener Organismen hervorruft. Sie ist aber kein notwendiger Bestandteil der Hallstätter Fazies.

Allgemein betrachtet, läßt sich somit die Hallstätter Fazies als eine Neben- oder Begleitfazies der

Riff-, daneben aber auch der Kalkschlammfazies bezeichnen.

Diesen beiden „Hauptfazies“ gegenüber tritt sie sehr zurück wegen der geringen Mächtigkeit ihrer Sedimente und ihres sporadischen Auftretens. Um so größer ist dagegen ihre Bedeutung für die durch sie ermöglichte Kenntnis des reichen Tierlebens innerhalb der Riffzonen und weit über sie hinaus in dem triassischen Mittelmeer.

Literatur.

Arthaber, G. v., Die alpine Trias des Mediterrangebietes. Lethaea geognostica II 1, 1906, Nachträge 1908.

Broili, F., Eine Muschelkalkfauna aus der Nähe von Saalfelden. Sitz. Ber. Bayr. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Abt. 1924.

Cornelius, H. P., Zur Schichtfolge und Tektonik der Mürztaler Kalkalpen. Jb. Zweigstelle Wien der Reichsstelle für Bodenforschung (Geolog. Bundesanstalt) 89, 1939.

Diener, Carl, Die marinen Reiche der Triasperiode. Denkschr. Ak. d. Wiss. Wien, math.-naturw. Klasse 92, 1915.

Kittl, E., Geologie der Umgebung von Sarajewo. Jb. K. k. geol. R. A. 53, 1903.

— Salzkammergut. Exkursionen des Int. Geol. Kongr. Wien 1903.

Lahn, E., Der Bau der niederöst.-steirischen Kalkhochalpen. N. Jb. Min. etc. Beil. Bd. 71 B, 1933.

Leuchs, K. und Udluft, H., Entstehung und Bedeutung roter Kalke der Berchtesgadener Alpen. Senckenbergiana 8, 1926.

Leuchs, K., Geologie von Bayern. 2. Teil: Bayrische Alpen. (Handbuch der Geologie und Bodenschätze Deutschlands). Berlin 1927.
Feinschichten, Gleitfaltung, Algenrasen und Trümmerlagen im Wettersteinkalk. Chemie der Erde 7, 1932.

Pia, J., Die stratigraphische Verbreitung der Diploporen in der Trias von Bosnien. Bull. Serv. Géol. du Royaume de Yougoslavie 4, 1935.

Reis, O. M., Eine Fauna des Wettersteinkalkes. Geogn. Jh. 13, 1900; 18, 1905; 39, 1926.

— Erläuterungen zur geologischen Karte des Wettersteingebirges. Geogn. Jh. 23, 1910.

Schnetzer, R., Die Muschelkalkfauna des Öfenbachgrabens bei Saalfelden. Paläontographica 81 A, 1934.

Spengler, E., Ein geologischer Querschnitt durch die Kalkalpen des Salzkammergutes. Mitt. Geol. Ges. Wien 11, 1918.

— Das Aflenzer Triasgebiet. Jb. Geol. Reichsanstalt 69. Wien 1919.

— Zur Einführung in die tektonischen Probleme der Nördlichen Kalkalpen. Mitt. Reichsamt. f. Bodenforsch., Zweigstelle Wien 5, 1943.

Toth, R., Die östlichen Vorlagen des Wiener Schneeberges. Annalen Naturh. Museum Wien 49, 1939.